

Prevalens av frånskjutsasymmetri hos unghästar samt hästar som tävlar svår klass i hoppning och dressyr

**Prevalence of push off asymmetry in young horses and
horses competing at high level in show jumping or
dressage**



Julia Söderström

Uppsala

2020

Prevalens av frånskjutsasymmetri hos unghästar samt hästar som tävlar svår klass i hoppning och dressyr

Prevalence of push off asymmetry in young horses and horses competing at high level in show jumping or dressage

Julia Söderström

Handledare: Marie Rhodin, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Biträdande handledare: Camilla Frisk, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Elin Hernlund, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0869

Kursansvarig institution: Institutionen för kliniska vetenskaper

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2020

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Omslagsillustration: Privat foto

Nyckelord: häst, rörelseasymmetri, frånskjutshälta, objektiv rörelseanalys, unghästar, elithästar

Key words: horse, movement asymmetries, push off lameness, objective lameness evaluation, young horses, elite horses

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

SAMMANFATTNING

Ortopediska problem, som ger upphov till hälta är den vanligaste orsaken till att hästar besöker veterinär och den största anledningen till att sporthästar tvingas avsluta sin tävlingskarriär tidigare än planerat. Ortopediska skador är således ett stort problem både för hästars välfärd men även ekonomiskt för ryttare och hästägare. Tyvärr har tidigare studier kunnat visa att överensstämmelsen mellan veterinärer när det gäller att identifiera lågradiga hältor på många sätt är bristfällig. För att underlätta hältdiagnostiken har därför olika typer av objektiva rörelsesystem tagits fram som komplement till den subjektiva hältbedömningen. Dessa objektiva system är känsliga och gör det möjligt att identifiera små asymmetrier i hästens rörelser.

I tidigare studier, där hästar som ansetts ohalta och välfungerande i träning av sina ägare har mätts med det objektiva mätsystemet Lameness Locator har det visat sig att en stor andel av hästarna visar lika stora asymmetrier som hästar som hältutreds på klinik för en hälta. Det som fortfarande inte är helt utrett är huruvida dessa asymmetrier alltid är kopplade till smärta eller om de även kan bero på en medfödd lateralitet. Det finns olika typer av rörelseasymmetrier hos häst och en typ som enligt den senaste forskningen verkar vara mest frekvent förekommande hos hästar som anses ohalta av sina ägare är en så kallad frånskjutsasymmetri från ett bakben.

Syftet med detta examensarbete var att undersöka prevalensen av frånskjutsasymmetri från ett bakben hos hästar som tävlade svår klass i hoppning eller dressyr samt hos unghästar som var avlade mot specifikt användningsområde. Hypotesen var att prevalensen av frånskjutsasymmetri skulle vara högre hos unghästarna jämfört med elithästarna. Avseende skillnad i prevalens mellan disciplinerna var hypotesen att prevalensen skulle vara lägre hos dressyrhästarna jämfört med hopphästarna på elitnivå. Ytterligare en hypotes som testades var huruvida det fanns en skillnad i prevalens mellan de olika unghästgrupperna. Hypotesen var även att hästar som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår i större utsträckning skulle förstärka denna asymmetri med benet som ytterben jämfört med innerben vid longering.

Resultatet visade att 37 % av de 108 hästar som deltog i studien uppvisade en frånskjutsasymmetri från ett bakben. Efter att studiepopulationen delats in i fyra grupper; dressyrhästar på elitnivå (DE), hopphästar på elitnivå (HE), unghästar med dressyrstam (DU) och unghästar med hoppstam (HU) såg man att prevalensen av frånskjutsasymmetrier i de olika grupperna var enligt följande; DE 37 %, HE 48 %, DU 33 % och HU 33 %. Den procentuella skillnaden i prevalensen mellan grupperna var ej statistisk signifikant vid t-test (signifikansnivå 95%).

Gällande voltspårets inverkan på frånskjutsasymmetrier på rakt spår kunde det inte ses någon signifikant ökning av frånskjutsasymmetrin när det bakben som uppvisat en frånskjutsasymmetri på rakt spår blev ytterben vid longering (parat t-test). Däremot sågs en signifikant minskning av frånskjutsasymmetrin när det bakben som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår blev innerben vid longering (parat t-test).

SUMMARY

Orthopedic problems, often shown as lameness are the most common reason for veterinary visits in horses and the biggest reason why sport horses are forced to end their career earlier than planned. Lameness in horses is therefore a huge problem both considering the welfare of the horses and also financially for riders and horse owners. Unfortunately, previous studies have shown that the inter-rater agreement between veterinarians when it comes to identifying low grade lameness is moderate to poor. Therefore, in order to improve reliability of the lameness examination several types of objective lameness evaluation system have been developed as a complement to the subjective lameness examination. These objective systems are sensitive and makes it possible to identify small asymmetries in the movement of the horse.

Recent studies, where horses considered to be non-lame by their owners have been measured with the objective system Lameness Locator, have shown that many of these horses have movement asymmetries similar to horses examined for low grade clinical lameness. It is still not fully investigated is whether these asymmetries are always linked to pain or whether they may also be due to an innate laterality. There are different types of movement asymmetries in horses and one type that, according to the latest research, seems to be most frequent in horses that is considered to be non-lame by their owners is a so-called push off asymmetry.

The aim of this thesis was to investigate the prevalence of push off asymmetries in horses who competed at elite level in dressage or show jumping as well as in young horses that were bred for dressage or show jumping. The hypothesis was that the prevalence of push off asymmetries would be higher in the young horses compared to the elite horses. Regarding the difference in prevalence between the disciplines, the hypothesis was that the prevalence would be lower among elite dressage horses compared to the jumping horses at elite level. Another hypothesis that was tested was whether there was a difference in prevalence between the different groups of young horses. The hypothesis was also that horses that had a push off asymmetry on a straight line would, to a greater extent, reinforce this as the outer leg compared to the inner leg when lunging.

The result showed that 37% of the 108 horses included in this study had a push off asymmetry from a hind limb. The study population was divided into four groups; elite level dressage horses (DE), elite level show jumping horses (HE), youngsters bred for dressage (DU) and youngsters bred for show jumping (HE). It was observed that the prevalence of push off asymmetries in the different groups were as followed; DE 37%, HE 48%, DU 33% and HU 33%. There was however, no significant difference between the groups when compared by t-tests (significance level at 95%).

Regarding the effect of the lunging, no significant increase in push off asymmetry could be seen when the hind leg that exhibited a push off asymmetry in straight line became outer leg during lunging (paired t-test). In contrast, a significant decrease in push off asymmetry was seen when the hind leg that exhibited a push off asymmetry in straight line became inner leg during lunging (paired t-test).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|---|----|
| INLEDNING | 1 |
| Syfte..... | 1 |
| Hypotes | 1 |
| LITTERATURÖVERSIKT | 2 |
| Hälsa..... | 2 |
| Objektiv rörelseanalys..... | 4 |
| Frånskjutshälsa | 8 |
| Träning av sporthästar | 9 |
| MATERIAL OCH METOD | 10 |
| Studiedesign | 10 |
| Hästar..... | 10 |
| Utförande..... | 10 |
| Data | 11 |
| Statistik | 11 |
| RESULTAT | 12 |
| Prevalens av frånskjutsasymmetri..... | 12 |
| <i>Frånskjutsasymmetrins påverkan av rörelse på böjt spår</i> | 15 |
| Prevalens av övriga rörelseasymmetrier rakt spår | 17 |
| DISKUSSION | 18 |
| Felkällor | 20 |
| SLUTSATS | 21 |
| TACK | 22 |
| POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING | 23 |
| LITTERATUR | 25 |

INLEDNING

Problem från hästens rörelseapparat som visar sig som hälta är den största anledningen till veterinärbesök för häst. I och med att en stor del av dagens hästpopulation används som sporthästar och förväntas prestera är skador från rörelseapparaten ett stort problem, både för hästarnas välfärd men även ur ett ekonomiskt perspektiv. I kombination med att ortopediska skador är ett stort problem och att tidigare studier har kunnat visa att veterinärens överensstämmelsen när det gäller att bedöma låggradig hälta är bristfällig går utvecklingen idag mer och mer mot att använda objektiva mätmetoder som komplement till den subjektiva hälbedömningen. En ökad användning av objektiva system skulle öka säkerheten i hältdiagnostiken och leda till att hältor upptäcks i ett tidigare skede vilket i sin tur skulle kunna förbättra prognosen för att hästen ska kunna återgå till full träning och tävling igen.

När hästar som av sina ägare anses ohalta och välfungerande i träning har mätts med det objektiva mätsystemet Lameness Locator har det visat sig att en stor andel av dessa hästar rör sig lika asymmetriskt som hästar som utreds för låggradig hälta på klinik. Det finns flera olika typer av asymmetrier och i en studie av Rhodin *et al.* (2016) såg man att den vanligaste typen av rörelseasymmetri var en så kallad frånskjutsasymmetri från ett bakben. Hela 34 % av de 222 hästarna som deltog i studien uppvisade denna typ av asymmetri. Att så stor andel av hästpopulationen som uppfattas som välfungerande av sina ägare uppvisar denna typ av asymmetri gör den extra intressant för vidare studier. Det är till exempel ännu inte helt utrett om denna typ av asymmetri är kopplad till smärta eller om det i många fall snarare beror på en medfödd lateralitet eller en upptränad asymmetri. En annan sak som ännu inte är utredd är huruvida det finns något typiskt mönster för hur hästar som uppvisar en frånskjutsasymmetri på rakt spår rör sig på ett böjt spår så som vid longering.

Syfte

Syftet med detta examensarbete var att på ett objektivet sätt undersöka prevalensen av frånskjutsasymmetrier från ett bakben hos sporthästar som tävlade svår klass i disciplinerna dressyr respektive hoppning, samt unghästar avlade för dressyr eller hoppning. Detta för att se om det fanns någon skillnad avseende prevalens av frånskjutsasymmetrier från bakben mellan de olika disciplinerna samt om det fanns någon skillnad mellan unghästar och hästar som tävlar på elitnivå.

Syftet var även att undersöka om det fanns någon genomgående trend i hur en frånskjutsasymmetri från ett bakben vid mätning på rakt spår förändrades då det ben som uppvisade asymmetrin på rakt spår blev inner- respektive ytterben vid longering.

Hypotes

Hypotesen var att prevalensen av frånskjutsasymmetri skulle vara högre hos unghästarna jämfört med elithästarna. Avseende skillnad mellan de olika disciplinerna var hypotesen att prevalensen av frånskjutsasymmetri skulle vara lägre hos dressyrhästarna som tävlade på elitnivå jämfört med hopphästarna som tävlade på elitnivå. Ytterligare en hypotes som testades var att det skulle finnas en skillnad avseende prevalensen av frånskjutsasymmetri från ett bakben mellan unghästgrupperna.

Gällande voltspårets inverkan var hypotesen att de hästar som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår skulle förstärka denna asymmetri då det ben som uppvisade asymmetrin på rakt spår blev ytterben samt att frånskjutsasymmetrin skulle minska då det asymmetriska benet blev innerben.

LITTERATURÖVERSIKT

Hälta

Ortopediska problem som kan ge upphov till hälta är den vanligaste anledningen till att hästar besöker veterinärer och den största anledningen till att sporthästar tvingas avsluta sin tävlingskarriär i förtid (Engvall *et al.*, 2006). Trots att målsättningen vid träning av hästar är att hitta ett träningsupplägg som ökar hästens prestation samtidigt som träningsrelaterade skador undviks (Rose and Evans, 1990) har tidigare studier kunnat visa att många skador som orsakar hälta hos häst är kopplade till den träning som hästen utsätts för (Murray *et al.*, 2006). Kraven som ställs på dagens sporthästar är höga och för att kunna prestera på elitnivå krävs mycket träning. Detta gör att balansgången mellan att träna hästen tillräckligt mycket för att hästen ska prestera och samtidigt tillräckligt lite för att undvika överansträngning blir svår. Idag är medelålder för svenska hingstar och valacker 15 år (Wallin, 2012). Detta är egentligen en ålder där hästar som är skadefria kan prestera som bäst. En stor anledningen till den låga medelålder är att många hästar slås ut på grund av ortopediska problem som gör att de inte längre kan fungera som sporthästar. För att öka medelåldern krävs därför att hästarna i mindre utsträckning drabbas av skador som leder till att de inte kan fortsätta sin karriär på tävlingsbanorna. Att lyckas med detta är en stor utmaning då det kräver att ryttare och veterinärer lyckas identifiera hältor i ett tidigt skede för att då kunna sätta in korrekt behandling och rehabilitering innan skadan har hunnit bli för allvarlig och kommit till ett kroniskt stadie.

Definitionen av vad hälta är varierar något mellan olika författare. Enligt Ross and Dyson (2011) innebär hälta en oförmåga till normal rörelse, med andra ord en avvikelse från det normala rörelsemönstret. De skriver även att ”hälta är ett kliniskt tecken, ett symtom på inflammation som omfattar smärta eller en mekanisk defekt som leder till onormal gång präglad av haltande”. Ytterligare en beskrivning av hälta lyder att hälta är ett symtom på en förändring av det normala rörelsemönstret som uppstått på grund av en strukturell eller funktionell rubbning i en eller flera extremiteter alternativt i ryggen som gör att hästen får ett avvikande rörelsemönster (Baxter and Stashak, 2011). Att hälta uppstår kan bero på många olika faktorer, några exempel är överbelastning, trauma, medfödda eller förvärvade avvikelser, neurologiska problem, utvecklingsrubbningar och infektioner (Baxter and Stashak, 2011). Hos sporthästar är hältor många gånger relaterade till träningen hästen utsätts för. Olika typer av skador är olika vanliga beroende på vilken disciplin hästen tävlar i (Murray *et al.*, 2006). För att minska risken för att träningsrelaterade skador uppstår är det många faktorer som är viktiga att ta hänsyn till. Några exempel är träningsupplägg, underlag, välbalanserad skoning och korrekt utprovad sadel (Gaughan, 1996).

För att kunna förstå hur man ska titta på en häst för att se om den uppvisar hälta eller ej krävs till en början en grundläggande kännedom om hästens naturliga rörelsemönster. Hästars rörelsemönster beskrivs lättast genom stegcykler. Definitionen av en stegcykel är att alla fyra

ben rör sig ett steg framåt. Vilken ordning benen förflyttas i beror på vilken gångart hästen rör sig i. Inom varje stegcykel har även vardera ben en individuell cykel som innefattar en belastningsfas när benet är i marken, en frånskjutsfas precis innan benet lämnar marken och en pendlingsfas när benet är i luften (Barrey, 1999). Under vardera stegcykel i trav höjer och sänker hästen sitt kors och huvud två gånger (Buchner *et al.*, 1996).

De flesta hästar har tre gångarter, skritt, trav och galopp. Skritt och trav tillhör de symmetriska gångarterna vilket innebär att varje sidas benpar är samordnade och används lika mycket under en stegcykel. Galopp är däremot en asymmetrisk gångart vilket betyder att både rörelsen och kraften som benen belastas med varier mellan hästens ben (Gregory, 2004). Förutsatt att en häst inte uppvisar en så kraftig hälta att det anses olämpligt att den travar är trav den gångart som oftast används i hältbedömning. Anledningen till detta är att trav är en symmetrisk tvåtaktig gångart vilket gör den lättast att studera de diagonala benparens rörelsemönster. Hästens ben får även en högre belastning i trav jämfört med i skritt vilket gör att hälta ofta syns tydligare i trav (Weishaupt *et al.*, 2004). Även skritt och galopp kan vara användbart att titta på för att få en bättre helhetsbild av hästens rörelsemekanik.

För att bedöma om en häst belastar sina framben symmetriskt brukar man ta hjälp av huvudets vertikala rörelse i och med att hästen kan använda halsen och huvudet för att avlasta ett framben. Huvudet når sin lägsta punkt mitt i belastningsfasen och sin högsta punkt i början av frånskjutsfasen. Hos en häst som har en symmetrisk belastning av frambenen sänks huvudet lika mycket under belastningsfasen för höger respektive vänster framben (Buchner *et al.*, 1996). Ross & Dyson (2011) har beskrivit det som att huvudet rör sig uppåt i samband med belastningsfasen av det halta benet. Detta stämmer dock endast när det handlar om mycket kraftiga hältor. I fall med mer lindriga hältor rör sig huvudet fortfarande nedåt i samband med båda frambenens belastningsfas, dock inte lika långt ned när det halta benet belastas (Buchner *et al.*, 1996).

För att studera om bakbenens rörelsemönster är symmetriskt eller ej tittar man på korsets vertikala rörelsemönster i förhållande till bakbenens stegcykler. Korset sjunker och når sin lägsta punkt under belastningsfasen och höjs till sin högsta punkt i början av frånskjutsfasen av ett ben. När en häst uppvisar en belastningshälta bak sjunker inte korset ned lika mycket när det halta benet belastas som när det friska benet belastas. Uppvisar hästen istället en frånskjutshälta bak kommer korset inte höjas lika mycket i början av det halta bakbenets frånskjutsfas (Kramer *et al.*, 2004). En häst med en bakbenshälta kan även uppvisa en asymmetri mellan tuber coxae rörelse på höger respektive vänster sida. När det halta benet belastas är motstående tuber coxae rörelse mindre jämfört med motstående tuber coxae rörelse när det friska benet belastas. Detta leder till att tuber coxae vertikala rörelse blir större på det halta benets sida jämfört med det friska benets sida. (Buchner *et al.*, 1996).

För att lokalisera vad som orsakar hälta hos en häst kan man dels leta efter värme, svullnad och ömhet. Utöver detta kan man även använda sig av provokationstester så som t.ex. böjprov. För att ännu mer exakt ta reda på hältans ursprung används sedan diagnostiska anestasier vilket innebär att man bedövar olika delar av hästens ben för att se vilket område i benet som smärtan som ger upphov till hälta kommer ifrån. Bedövningsmedlet läggs antingen i specifika synovialstrukturer eller infiltrativt under huden i anslutning till specifika nerver. När man som

veterinär med hjälp av ovanstående metoder anser sig ha lokaliserat varifrån hältan kommer kan man gå vidare med bilddiagnostik av det område som anses ge upphov till hälta för att förhoppningsvis kunna ställa en diagnos och därefter sätta in en riktad behandling och utforma en rehabiliteringsplan (Ross & Dyson, 2011).

När en häst uppvisar hälta kommer i många fall även rörelsemönstret för andra delar av kroppen att förändras, detta för att avlasta det halta benet så mycket som möjligt. Det kan leda till att hästen visar en så kallade kompensatorisk ”falsk” hälta på andra ben än det benet som den faktiskt är halt på. Om hästen har en primär frambenshälta uppstår i regel den kompensatoriska hältan på det kontralaterala sidans bakben. Vid en primär bakbenshälta brukar istället den kompensatoriska hältan kunna ses på det ipsilaterala sidans framben. Det har också kunnat ses att en primär frambenshälta kan ge upphov både till en kompensatorisk bakbenshälta som både kan vara ipsilateral och kontralateral (Rhodin *et al.*, 2012). Vid en primär frambenshälta höjs korset mindre än normalt i frångjutsfasen på det kontralaterala bakbenet och sjunker ned mindre än normalt under belastningsfasen på det ipsilaterala bakbenet. Detta kan förklaras som att hästar med en primär frambenshälta skulle ha ökad benägenhet att uppvisa en kompensatorisk frångjutshälta från kontralateralt bakben och en kompensatorisk belastningshälta från det ipsilateralt bakben (Uhlir *et al.*, 1997). Om hästen uppvisar en kompensatorisk hälta försvinner denna hälta om man med hjälp av diagnostiska anestasier lyckas bedöva bort smärtan som ger upphov till den primära hältan (Weishaupt *et al.*, 2006).

I tidigare studier har man kunnat visa att huvudet och korsets vertikala rörelse förändras då hästen rör sig på böjt spår så som vid longering (Rhodin *et al.*, 2016). I denna studie studerades rörelsemönstret vid longering hos hästar som rörde sig symmetriskt på rakt spår. Det som kunde ses var att trots att hästarna var symmetriska på rakt spår sågs i många fall asymmetrier på volt. Vanligt förekommande frambensasymmetrier som sågs var att huvudet fick ett högre läge i samband med frångjutsfasen av det yttre frambenet samt att huvudet inte sjönk ned lika mycket i samband med belastningsfasen av det inre frambenet. Gällande bakbens rörelsemönster kunde man se att korset inte höjdes lika mycket under frångjutsfasen av det yttre bakbenet samt att korset inte sjönk ned lika mycket under belastningsfasen av det inre bakbenet. Hästars rörelsemönster vid longering är något som behöver studeras ytterligare. I studien av Rhodin *et al.* (2016) studerades endast hästar som var symmetriska på rakt spår. Man vet idag inte om det finns något mönster i hur olika typer av asymmetrier som kan ses på rakt spår påverkas av att hästen rör sig på ett böjt spår. Fler studier där hästar med olika typer av asymmetrier på rakt spår studeras vid trav på böjt spår skulle behövas för att undersöka detta.

Objektiv rörelseanalys

I och med att hältor är ett stort problem, både välfärdsmässigt och ekonomiskt är det av stor vikt att ortopediska problem upptäcks och behandlas i ett tidigt skede eftersom prognosen för att hästen ska återgå till full träning och tävling då är betydligt bättre. Tyvärr har tidigare studier där man låtit veterinär visuellt bedöma hälta kunnat visa att överstämelsen om vilket ben hästarna visat hälta ifrån har varit bristfällig. Framförallt har man sett brister i överensstämelsen när det gäller låggradiga hältor. I en studie av Keegan *et al.* (2010) där veterinärer fick titta på hästar på rakt och böjt spår och avgöra om hästarna var halta samt i så fall vilket ben hästen visade hälta såg man att överensstämelsen endast låg på 51,6% mellan

veterinärerna. I en annan liknande studie där veterinär fick titta på hästar med hältor <1,5 grader enligt American Association of Equine Practitioners (AAEP) var överensstämmelsen 61,9%. En studie av Arkell *et al.* (2006) visade även att det finns en påverkan av förväntan gällande veterinärers utvärdering av diagnostiska anestasier.

Att komma ifrån den subjektiva hältbedömningen och istället gå mot att bedöma hälta objektivt är något som skulle kunna förbättra säkerheten av att hästar med ortopediska problem får en korrekt ställd diagnos. Att kunna ställa en korrekt diagnos är viktigt eftersom olika typer av skada kräver olika typer av hantering gällande behandling, skoning, rehabilitering och så vidare. Att hästar som uppvisar hälta får en korrekt ställd diagnos är därför mycket viktigt eftersom man då kan ge hästen den behandling som krävs, den typ av verkning och skoning som är bäst, samt en rehabiliteringsplan individuellt anpassad till den skadan hästen har. Detta kan optimera förutsättningarna för att hästen ska återgå till träning och tävling på samma nivå som den var på innan skadan. Att fler hästar skulle komma tillbaka till sporten efter skador kopplade till rörelseapparaten skulle i sin tur leda till att hästarnas medellivslängd ökade.

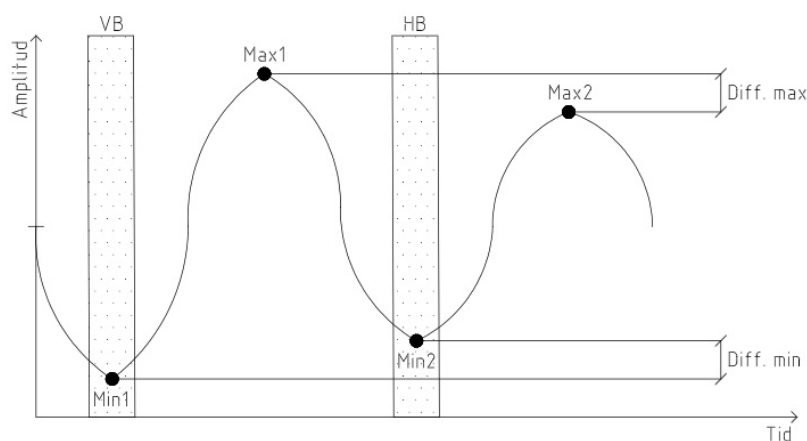
Objektiva mätmetoder är mycket känsliga för små avvikelser och kan därmed användas för att mäta hästarna för att se små asymmetrier och på så sätt upptäcka skador och överansträngningar i ett tidigt skede. Det är också en fördel att använda objektiva mätmetoder i samband diagnostiska anestasier för att minska risken för påverkan av bias i bedömningen. Idag används objektiva mätmetoder för att bedöma hälta främst inom forskning men i större utsträckning även kliniskt.

Objektiva mätmetoder kan delas in i kinetiska och kinematiska. Skillnaden på dessa är att kinetiska system mäter krafter som uppstår vid rörelse medan kinematiska system istället mäter förutbestämda kroppsdelars rörelser (Barrey, 1999; Keegan, 2007; Keegan *et al.*, 2011). Ett kinematiskt, sensorbaserat, trådlöst system som idag finns på marknaden som objektivt mäter hästens rörelse i trav är Lameness Locator. Lameness Locator mäter huvudet, korsens och mankens vertikala rörelse i förhållande till hästens stegcykel. Systemet använder tre uni-axiella vertikala accelerometrar samt en gyroskopisk sensor. Accelerometrarna fästs på hästens huvud med hjälp av en neoprenhuva samt på hästens kors och manke med hjälp av dubbelhäftande tejp. Dessa sensorer mäter accelerationen hos huvud, kors och manke i vertikal riktning. Den gyroskopiska sensorn fästs med hjälp av en neoprenlinda dorsalt på kotbenet på hästens högra framben. Denna sensor är till för att systemet ska veta vart i stegcykeln hästen befinner sig (Keegan *et al.*, 2012) (Equinosis 2014). Information från dessa sensorer omvandlas med hjälp av ett mjukvaruprogram till en sinuskurva som beskriver hästens stegcykler.



Figur 1. Häst utrustad med sensorer från det objektiva rörelsesystemet Lameness Locator.

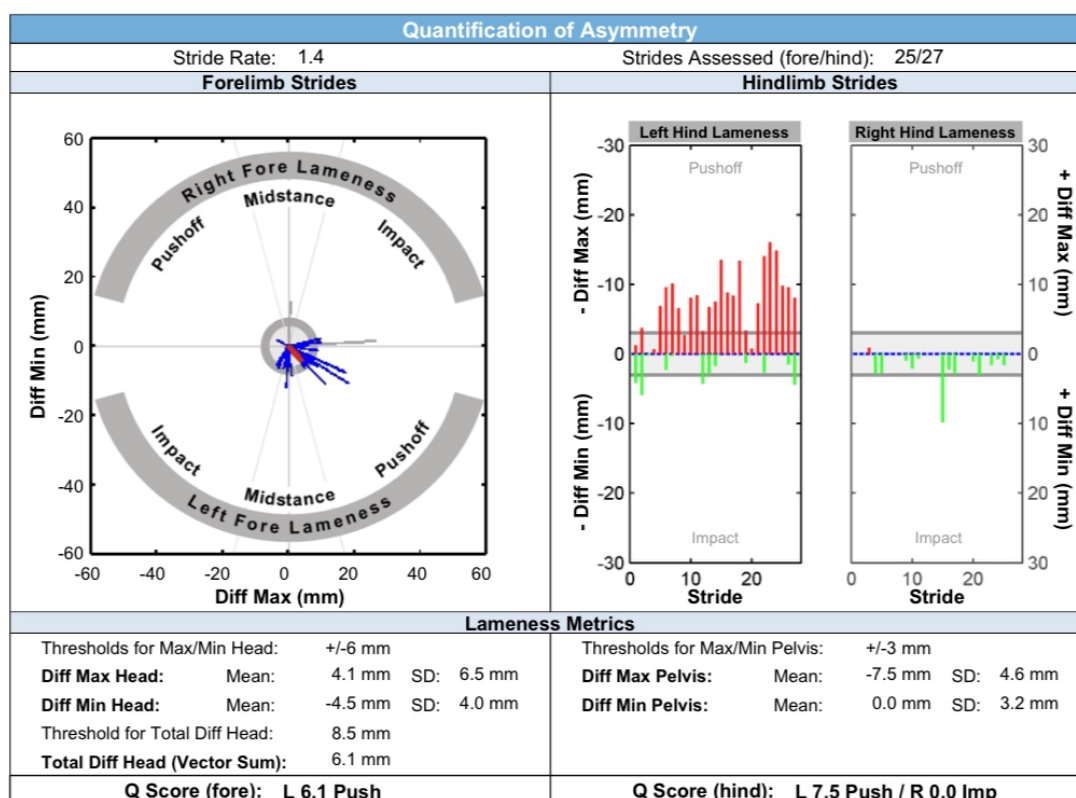
Huvudet och korsets rörelse får två maximivärden och två minimivärden i varje stegcykel (Kramer *et al.*, 2004). Maximivärden uppkommer i slutet eller precis efter avslutad belastningsfas, vilket innebär att ett maxvärde utanför gränsvärdet tyder på en frånskjutsasymmetri. Minimivärden uppkommer mitt i belastningsfasen. Ett minimivärde utanför gränsvärden indikerar således en belastningsasymmetri (Philliner *et al.*, 2002; Buchner *et al.*, 1996). Med hjälp av sinuskurvan som erhålls får man därför en uppfattning om hästen rör sig asymmetriskt och i så fall vilket ben som orsakar en asymmetri och om asymmetrin är kopplad till belastningen av benet, frånskjutet av benet eller båda delar.



Figur 2. Sinuskurvan illustrerar korsets vertikala rörelse hos en häst som travar med en frånskjuts- och belastningshållta från höger bakben som rör sig i trav. De prickade fälten symboliserar respektive bakkens belastningsfas. Max1 och Max2 representerar korsets högsta punkter som inträffar i slutet av eller precis efter avslutad belastningsfas. Skillnaden mellan maximivärdena kallas PDmax. Min1 och Min2 representerar korsets lägsta punkter som inträffar i mitten av belastningsfasen hos respektive ben. Skillnaden mellan minimivärdena kallas PDmin. PDmax och PDmin används för att bedöma om hästen rör sig symmetriskt med sina bakben.

När man analyserar frambenen och mäter huvudets position får man värden som kallas *Head diff max* (HDmax) och *Head diff min* (HDmin). HDmax representerar differensen mellan höger och vänster frambens högsta värde, med andra ord när huvudet når sin högsta punkt under vardera steg. HDmin representerar istället skillnaden mellan höger och vänster frambens lägsta värde, det vill säga när huvudet når sin lägsta punkt. Gränsvärdena för vad som idag klassas som en signifikant frambensasymmetri är när HDmin eller HDmax är $> 6,0$ mm respektive $< -6,0$ mm. Ett positivt värde indikerar en asymmetri på höger fram medan ett negativt värde indikerar en asymmetri på vänster fram.

Vid analys av bakbenens rörelse mäter man i stället korsets vertikala rörelse. Man får då värden som kallas *Pelvis diff max* (PDmax) och *Pelvis diff min* (PDmin). Dessa värden är framtagna på samma sätt som värdena för frambenen. PDmax representerar således differensen mellan höger och vänster bakbens högsta värde, med andra ord när korset når sin högsta punkt efter respektive bakbens frånskjutsfas. Korset når sitt högsta läge i slutet eller precis efter avslutad belastningsfas vilket innebär att ett avvikande värde på PDmax talar för en frånskjutsasymmetri. PDmin representerar i stället differensen mellan höger och vänster bakbens lägsta värde, således korsets lägsta punkt. Korset når sin lägsta punkt under bakbenens belastningsfas. Ett avvikande PDmin-värde indikerar således en belastningsasymmetri. Gränsvärdena för att det ska klassas som en signifikant bakbensasymmetri är något lägre än värdena för frambensasymmetrier; $> 3,0$ mm respektive $< -3,0$ mm (Keegan *et al.*, 2011).



Figur 3. Ovan ses mätresultaten från Lameness Locator av en häst med en frånskjutsasymmetri på vänster bakben i och med ett avvikande PDmax medelvärde på $-7,5$ mm.

Frånskjutshälta

Tidigare studier har visat att många hästar som anses ohalta och välfungerande i träning av sin ägare vid mätning men objektiva system i trav på rakt spår rör sig med ett asymmetriskt rörelsemönster (Rhodin *et al.*, 2016). Flertalet av hästarna i denna studie uppvisade asymmetrier av samma grad som hästar som utreds på klinik för låggradig hälta (Maliye & Marshall, 2016). I studien av Rhodin *et al.* (2016) studerades både fram- och bakbensasymmetrier och man kunde då se att 73 % av de 222 hästar som deltog i studien uppvisade en asymmetri från minst ett ben. Den vanligaste typen av asymmetri var så kallad frånskjutsasymmetri från ett bakben, vilket kunde ses hos 34 % av hästarna. Att så många hästar som upplevs friska och välfungerande uppvisar en frånskjutsasymmetri kan tolkas som att denna typ av asymmetri är något svårare att upptäcka jämfört med andra asymmetrier. Den höga prevalensen leder även till att intresset för att få bättre kunskap om denna typ av asymmetri ökar.

I och med att studien av Rhodin *et al.* (2016) visade att frånskjutsasymmetrier från bakben var den typ av asymmetri med högst prevalens hos hästar som ansågs ohalta av sina ägare låg fokus i detta examensarbete på just frånskjutsasymmetrier. I en studie av Bell *et al.* (2016) mättes hästar dels kinematiskt med hjälp av ett IMU-sensorbaserat system och dels kinetiskt med hjälp av att hästarna fick trava över en platta som mätte reaktionskraften från marken, så kallad Ground Reaction Force (GRF), alltså kraften mätt i Newton som hästen belastar vardera ben med. I och med att kraften beror på hur mycket hästen väger har man valt att räkna GRF i procent av hästens kroppsvikt. Gränsen för vad som räknas som en hälta är en skillnad i GRF på 4 % eller mer mellan höger och vänster ben, med det lägre värdet på det halta benet. I tidigare studier där hästars rörelse studerats med hjälp av kraftmätningsskivor har fokus enbart legat på att mäta amplituden och impulsen av vertikal GRF. Det som är unikt med studie av Bell *et al.* (2016) är att författarna i denna studie undersökte både vertikal och horisontell GRF. Det som då kunde ses var att PDmax och vertikal GRF ej hade en signifikant association. Däremot sågs en signifikant korrelation mellan horisontell GRF och PDmax. Horisontell GRF varierar mellan ett positivt och negativt värde under benets stegcykel. Benets kraftmönster börjar med en retardation då kroppens framåtrörelse bromsas upp mot marken och horisontell GRF har då ett negativt värde. Mitt under belastningsfasen uppnås ett nollvärde. Därefter, precis i början av frånskjutsfasen fås istället ett positivt värde på horisontell GRF då hästen skjuter sin kropp framåt. I studien av Bell *et al.* (2016) såg man att övergången från negativ till positiv GRF skedde 1-2% tidigare i stegcykeln för varje 1 mm ökning eller minskning av PDmax. Detta är grunden till att hästar som vid mätning med Lameness Locator har ett avvikande PDmax-värde över 3,0 mm alternativt under -3,0 mm, sägs ha en så kallad frånskjutsasymmetri.

Den stora frågan som ännu inte är helt utredd är huruvida dessa asymmetrier som kan ses hos så stor andel av hästpopulationen som upplevs som välfungerande i träning, alltid är smärtutlösta eller om de i vissa fall kan vara orsakade av en medfödd lateralitet eller biologisk asymmetri hos hästen. I en ny studie av Persson-Sjodin *et al.* (2019) behandlades hästar som ansågs ohalta av sina ägare men som uppvisade en asymmetri vid objektiv mätning med meloxicam. Nästan hälften av hästarna i studien (32 av 66 stycken) uppvisade en frånskjutsasymmetri vid mätning på rakt spår på hårt underlag. 17 av hästarna hade en frånskjutsasymmetri som sin huvudsakliga asymmetri. Efter avslutad behandling mätts hästarna igen och det kunde då inte påvisas någon signifikant minskning av asymmetrierna. Detta talar för att

dess lågradiga asymmetrier i många fall ej är kopplade till smärta alternativt att behandlingen med meloxicam inte är effektiv mot smärtan. Vissa författare anser dock att även om man med säkerhet skulle kunna säga att dessa asymmetrier i sig ej är smärtutlösta kan de leda till felaktig belastning och därav skador pga överbelastning (Rooney, 1977).

Träning av sporthästar

Användningen av hästar har förändrats mycket de senaste åren. Hästen har gått från att för några decennier sedan i princip enbart vara ett arbetande lantbruksdjur till att idag vara en högpresterande sportatlet. Denna relativt snabba förändring har lett till ett snabbt avelsarbete som gjort att dagens hästpopulation skiljer sig mycket från hur hästpopulationen såg ut för några decennier sedan. Idag är hästarna generellt högre i mankhöjd, ädlare i modellen och rör sig med vad som anses som bättre gångarter (Holmström *et al.*, 1990).

För att få hästar att prestera på hög nivå räcker det dock inte med ett bra avelsarbete. Avelsarbetet som hjälper till att ta fram hästar med rätt fysiska förutsättningar för att lyckas prestera på topp är en viktig del men för att nå hela vägen till elitnivå krävs även att hästen tränas på ett korrekt sätt. Träning kan definieras som en målmedveten fysisk aktivitet vars syfte är att öka, upprätthålla eller fördröja degenerationen av sin kapacitet. Med kapacitet kan man till exempel syfta på uthållighet, hastighet, styrka och biomekaniska färdigheter (Rose and Evans, 1990). Ytterligare några faktorer som dessa författare hävdar bör vara en del av samtliga hästars träningsprogram är uppbyggnad av hållbarhet för att minska risken för träningsrelaterade skador och därmed öka längden på hästens tävlingskarriär. Även bibehållande av hästens motivation till träning och slutligen att individanpassa träningen för att på så sätt få ut maximal potential av varje individ. Att träna på ett för hästen korrekt sätt innebär alltså både att stärka hästen på ett sätt så att hästens förmåga att prestera förbättras men ändå inte överträna hästen så att den drabbas av överbelastningsskador.

Vid inridning av unga hästar är det välkänt och accepterat att hästar ofta upplevs oliksidiga. Med utbildning grundad på utbildningsskalan som står för takt, lösgjordhet, stöd, schvung, rakriktning och samling är målet att utbilda hästen till en hållbar och liksidig atlet. Målet med rakriktning är enligt ridhandboken att få en symmetrisk häst både på rakt och böjt spår, det vill säga att hästens bakben går i samma spår som hästens framben. Anledningen till att detta är något att sträva efter är enligt ridhandboken att en symmetrisk, liksidig häst arbetar med samma mängd vikt på båda frambenen respektive båda bakben. Detta skapar ett jämt och symmetriskt rörelsemönster och minskar även risken att hästen drabbas av hälta till följd av skador kopplade till överbelastning. I och med att rakriktning är en av grundpelarna i utbildningsskalan upplevs hästar som har kommit en bit i utbildningen ofta som mer liksidiga att rida jämfört med precis inridna unghästar. Förutsatt att hästen har tränats med utbildningsskalan som grund bör därför en häst som tagit sig hela vägen till svår klass upplevas som relativt liksidig att rida. Det som ännu inte är fastställt är huruvida denna upplevda liksidighet/oliksidighet korrelerar med de vertikala rörelseasymmetrier som kan mätas med Lameness Locator eller ej. Med andra ord om hästar som av sina ryttare upplevs som liksidiga i lägre grad uppvisar vertikala rörelseasymmetrier jämfört med hästar som av sina ryttare upplevs mer oliksidiga.

Då det kan antas att en oliksidig häst kommer fördela vikten och kraften mer ojämnt mellan benen än en häst som är mer liksidig borde dessa oliksidiga hästar en större riska att drabbas av skador relaterade till överbelastning (Rooney, 1977). Detta gör att man kan anta att hästar som man ej lyckats få att arbeta på ett relativt liksidigt sätt borde löpa större risk att drabbas av överbelastningsskador som leder till hälta och att det därför kan vara svårare att komma hela vägen till svår klass men häst som ej vill arbeta liksidigt.

MATERIAL OCH METOD

Studiedesign

Tvärsnittsstudie av frångående asymmetrier hos elit- och unghästar i disciplinerna dressyr och hoppning.

Hästar

Totalt deltog 108 hästar i studien, fördelat på 63 valacker, 41 ston och 4 hingstar. Hästar delades in i fyra grupper, dressyrhästar på elitnivå (DE) (n=27), hopphästar på elitnivå (HE) (n=25), unghästar med dressyrstam (DU) (n=31), och unghästar med hoppstam (HU) (n=25). Gemensamma inklusionskriterier för samtliga hästar var att de skulle upplevas ohalt av sina ägare och eller ryttare. Kravet för att tillhöra gruppen elithästar var att hästen skulle ha startat svår klass i hoppning eller dressyr. I hoppning räknas 145 cm som svår klass och dressyr räknas intermédiaire som svår klass. Elithästar skulle även vara i full tävlingskondition och ej blivit behandlade av veterinär för ortopediska problem de senaste tre månaderna. Ålder på elit-hästar varierade mellan 8 och 17 år. För att tillhöra någon av unghästgrupperna krävdes att hästen var hopp- eller dressyrstam i minst två led. För att hästen skulle klassas som hoppstam krävdes att hästen hade en pappa och morfar som var godkänd inom hoppning och om hästen skulle räknas som dressyrstam skulle den ha en pappa och morfar som var godkänd inom dressyr. Unghästar skulle även vara mellan två och fyra år och precis i början av sin inridning.

En stor del av elithästar som deltog i studien söktes upp via personliga kontakter. Ryttare eller ägare till dessa hästar kontaktades via telefon eller skriftligt meddelande via mail eller sms. Vissa av elithästar hade även varit med i tidigare studier vid SLU gällande hästens rörelsemönster och från dessa hästar kunde sedan tidigare insamlad data användas. Samtlig data som användes i unghästgrupperna kom från sedan tidigare insamlat material till forskning om unghästar rörelsemönster vid SLU. För att selektera ut vilka unghästar som fick ingå i detta examensarbete söktes hästar upp på blup.se för att kontrollera deras stamtavla. Alla hästar med godkända hingstar i hoppning eller dressyr i minst två led fick ingå i detta examensarbets studiepopulation. Många unghästar hade mätningar genomförda vid flera tillfällen. För att välja ut vilken mätning som skulle användas i detta examensarbete användes besöksloggar för att i största möjliga mån hitta mätningar från när hästar precis var inridna och därmed inte borde hunnit bli allt för mycket påverkade av träningen de utsatts för.

Utförande

Samtliga hästar mättes med Lameness Locator i trav på rakt spår och vid longering i båda varven. Utförligare beskrivning av hur Lameness Locator fungerar finns i litteraturöversikten.

Longeringen genomfördes på samtliga hästar på mjukt underlag. Gällande underlaget vid mätningarna på rakt spår varierade det något mellan hästarna. Elithästarna mättes, med ett fåtal undantag, både på hårt och mjukt underlag. På grund av att unghästarna inte rekryterades specifikt till detta examensarbete användes data som redan var insamlad vid tidigare forskningsprojekt. Detta medförde att vissa unghästar vid mätningen på rakt spår enbart var mätta på hårt underlag medan andra enbart var mätta på mjukt underlag. I och med att man vid hältutredningar och besiktningar oftast bedömer hästar på hårt underlag valdes i detta arbete att använda mätningarna på hårt underlag på samtliga hästar som hade blivit mätta på hårt underlag. För de hästarna som inte hade någon mätning på hårt underlag användes istället mätningen på mjukt underlag.

För att öka säkerheten i data var målsättningen att samla in minst 25 steg trav på rakt spår samt minst 45 steg i respektive varv vid longering. De flesta mätningarna genomfördes i fält i hästarnas hemmamiljö. Undantaget var nio unghästar som mättes på UDS hästklinik.

Data

Med hjälp av mjukvaran i Lameness Locator gjordes en automatisk dataanalys. Sensorerna som placerades på hästarna samlade kontinuerligt in data under varje steg och denna data skickades via Bluetooth till en trådlös dator. Med hjälp av mjukvaruprogrammet omvandlades data som sensorerna samlade in till huvudets och korsets högsta (maxima) och lägsta (minimi) värde för varje steg. Efter att ha beräknat skillnaden i maximivärde och minimivärde för vardera steg beräknades detta om till ett medelvärde med en standardavvikelse för hela de uppmätta stegsekvensen. Gränsvärdena för vad som klassades som en asymmetri var $> 6,0$ mm eller $< -6,0$ mm för huvudets rörelse och $> 3,0$ mm eller $< -3,0$ mm för korsets rörelse.

Statistik

Data som samlades in med hjälp av Lameness Locator sammanställdes i Excel. För varje häst erhöles data för HDmax, HDmin, PDmax och PDmin vid trav på rakt spår samt vid longering i höger och vänster varv. Trots att fokus i detta arbete låg på frånskjutsasymmetrier från bakben, alltså asymmetrier med ett avvikande PDmax-värde valdes att utifrån insamlad data även beräkna prevalens av övriga ovan nämnda asymmetrier. Detta för att skapa en bättre helhetsbild över populationens rörelsemönster i trav. Prevalensen av de olika typerna av rörelseasymmetrier beräknades dels för hela populationen och dels för vardera grupp (DE, HE, DU och HU). Utöver prevalens beräknades även medelvärde, standardavvikelse, intervall och medianvärde för samtliga asymmetrier i de olika grupperna.

Baserat på att medelvärde och median låg nära varandra bedömdes insamlad data vara normalfördelad. För att undersöka om det förelåg någon statistiskt signifikant skillnad avseende prevalensen av frånskjutshälta från ett bakben mellan de olika grupperna användes ett operat t-test. För att utreda om det kunde ses någon signifikant skillnad i huruvida en frånskjutsasymmetri på rakt spår förvärrades eller förbättrades vid longering i olika varv användes istället ett parat t-test.

RESULTAT

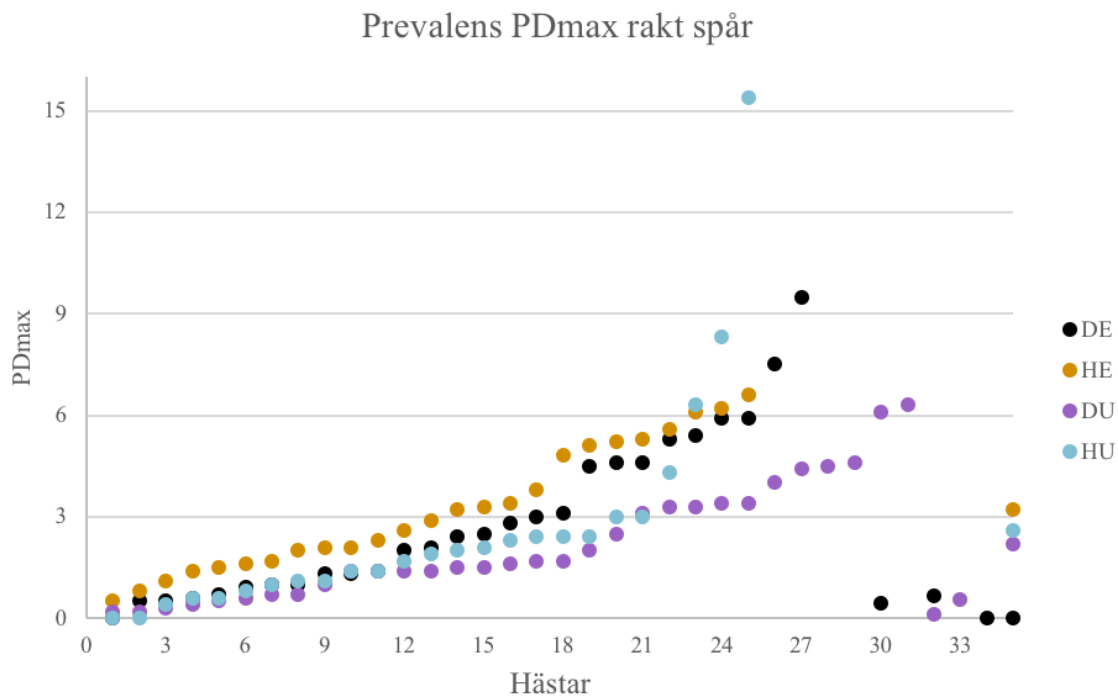
Prevalens av frånskjutsasymmetri

Av de 108 hästar som deltog i studien uppvisade 40 hästar en frånskjutsasymmetri från ett bakben vid mätning på rakt spår. I tabell 1 beskrivs prevalensen för vardera grupp (DE, HE, DU och HU) både i antal hästar och procentuellt. Även medelvärde, standardavvikelse (SD), median och intervall är utskrivet i tabellen.

Tabell 1. *Prevalens av hästar med avvikande PDmax-värde vid mätning med Lameness Locator på rakt spår*

| Grupp | Totalt antal hästar | Antal med avvikande PDmax | % med avvikande PDmax | Medelvärde (mm) | SD | Median (mm) | Intervall (mm) |
|--------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----|-------------|----------------|
| Alla hästar | 108 | 40 | 37 | 5,1 | 2,3 | 4,6 | 3-15,4 |
| DE | 27 | 10 | 37 | 5,3 | 3,9 | 5 | 3-9,5 |
| HE | 25 | 12 | 48 | 4,9 | 3,6 | 5,2 | 3,2-6,6 |
| DU | 31 | 10 | 33 | 4,3 | 2,8 | 4,2 | 3,3-6,3 |
| HU | 25 | 8 | 33 | 6,2 | 4,2 | 4,5 | 3-15,4 |

Som tabell 1 visar kunde en viss procentuell skillnad avseende prevalens av frånskjutsasymmetri från ett bakben ses mellan de olika grupperna. Båda unghästgrupperna hade en prevalens på 33 %. Elithästarna hade något högre prevalens, DE 37 % och HE 48 %. För att testa om den procentuella skillnaden i prevalens var statistiskt signifikant genomfördes oparade t-tester. Grupperna som jämfördes mot varandra var DE mot HE, DU mot HU och slutligen samtliga elithästar mot samtliga unghästar. Inga av dessa t-tester gav ett p-värde under 0,05. Därmed kunde hypotesen att prevalensen av frånskjutsasymmetrier från ett bakben skulle vara lägre hos elithästar jämfört med unghästar inte visas stämma. Inte heller hypotesen att prevalensen av frånskjutsasymmetri skulle vara lägre hos dressyrhästarna på elitnivå jämfört med hopphästarna på elitnivå kunde visas vara sann. Inte heller någon statistiskt signifikant skillnad kunde ses avseende prevalensen mellan de två unghästgrupperna.

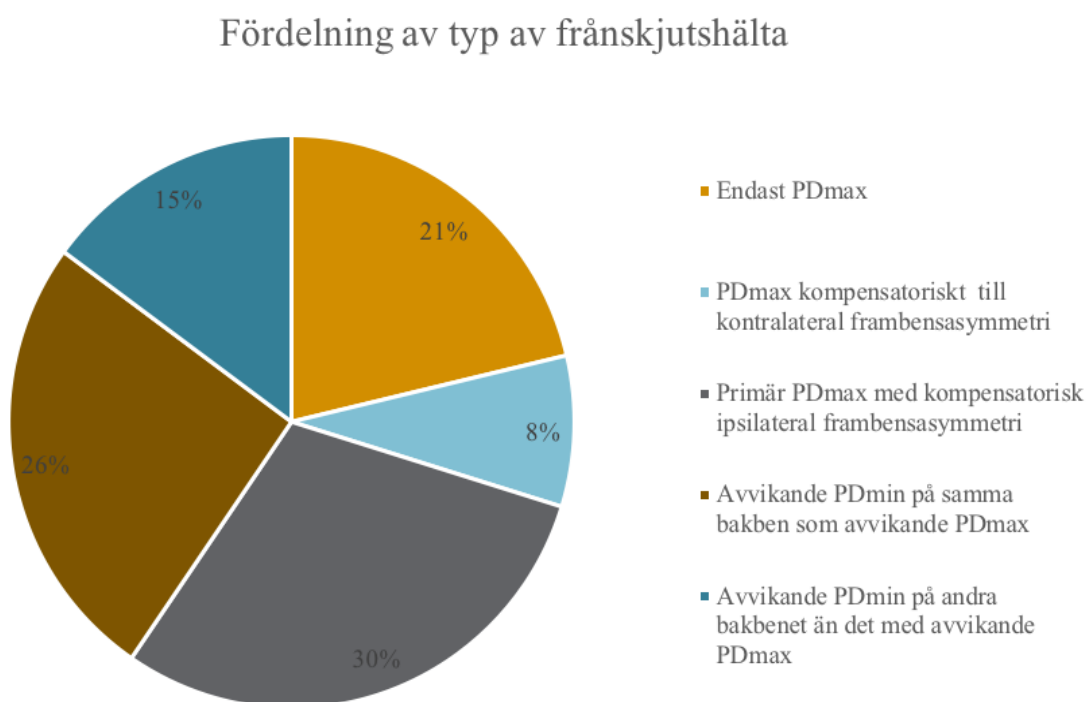


Figur 4. Diagrammet visar hästarna, utritade med olika färger beroende på vilken grupp de tillhörde, på X-axeln och deras PDmax-värden i mm på Y-axeln. För att få en bättre överblick över hur många hästar som har en frånskjutsasymmetri har hästarnas mätvärden gjorts om till absolutvärden för att ej ha med negativa mätvärden. Således går det ej att från detta diagram utläsa om hästarna som uppvisade en frånskjutsasymmetri var asymmetriska från höger eller vänster bakben. Mätvärdena sorterades även i storleksordning med lägst värde till vänster och högst värde till höger. Alla hästar med ett PDmax-värde över 3,0 har enligt vår definition en frånskjutsasymmetri.

Många av hästarna som deltog i studien uppvisade fler än en typ av asymmetri, så även hästarna med en frånskjutsasymmetri. Eftersom det är allmänt känt att en primär asymmetri på ett ben kan påverka hela hästens rörelsemönster och därmed leda till kompensatoriska asymmetrier på andra ben delades hästarna i detta examensarbete som hade en frånskjutsasymmetri upp i olika grupper beroende på om de utöver sin frånskjutsasymmetri även uppvisade någon annan typ av asymmetri.

Hästarna delades in i fem olika grupper. Den första gruppen bestod av hästar som endast hade en frånskjutsasymmetri. För att ingå i denna grupp krävdes att hästen hade ett PDmax-värde på $> 3,0$ mm eller $< -3,0$ mm samt att hästen inte uppvisade någon annan typ av asymmetri. Den andra gruppen bestod av hästar som hade en asymmetri på kontralateralt framben som var minst dubbel så stor som frånskjutsasymmetrin. Eftersom en frambensasymmetri många gånger ger en kompensatorisk kontralateral bakbensasymmetri är det stor risk att dessa hästar inte hade en sann frånskjutsasymmetri utan att den endast var kompensatoriskt till frambensasymmetrin. Den tredje gruppen bestod av hästar som utöver sin frånskjutsasymmetri hade en asymmetri på ipsilateralt framben. Hästarna fick tillhöra denna grupp om de hade ett HDmin eller HDmax-värde $> 6,0$ mm eller $< -6,0$ mm på ipsilateralt framben som hästen hade en frånskjutsasymmetri. HDmin eller HDmax-värdet fick dock inte vara mer än dubbelt så stort som PDmax-värdet. Dessa hästar bedömdes ha en primär bakbensasymmetri med en kompensatorisk asymmetri på ipsilateralt framben. Den fjärde gruppen bestod av hästar som hade ett PDmin-

värde $> 3,0$ mm eller $< -3,0$ mm på samma bakben som hästen även hade ett PD-max värde utanför gränsvärdena. Dessa hästar bedöms kunna ha en bakbensasymmetri som både inkluderar frånskjutsfasen och belastningsfasen. Den femte och sista gruppen innefattade de hästar som utöver sin frånskjutsasymmetri även uppvisade ett PDmin-värde $> 3,0$ mm eller $< -3,0$ mm på motsatt bakben mot det som den uppvisade ett avvikande PDmax-värde på. Vissa hästar passade in på inklusionskriterierna i två av de fem grupperna och har då placerats i båda grupperna. I figur 6 illustreras med hjälp av ett cirkeldiagram, fördelningen av typ av frånskjutsasymmetri hos de 40 hästar som uppvisade en frånskjutsasymmetri. Vid denna analys har enbart data från mätning på rakt spår använts.



Figur 5. Diagrammet visar fördelningen av typ av frånskjutshälta baserat på om och i så fall vilken/vilka övriga asymmetrier hästerna uppvisade utöver sin frånskjutsasymmetri.

Totalt var det 10 hästar som enbart uppvisade en frånskjutsasymmetri från ett bakben. Detta motsvara 9 % av hela studiepopulationen. Då 10 individer är en för liten grupp för att kunna dra några statistiskt signifikanta slutsatser genomfördes inte några statistiska tester avseende skillnaden i prevalens mellan de grupper som hästarna var indelade i. Däremot presenterar prevalensen i de olika grupperna av hästar i tabell 2.

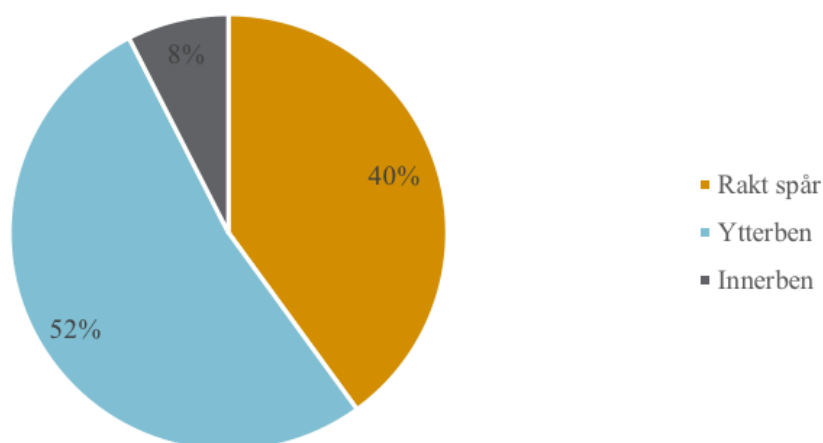
Tabell 2. Prevalens av hästar med avvikande PDmax-värde som enda asymmetri vid mätning med Lameness Locator på rakt spår

| Grupp | Totalt antal hästar | Antal med endast avvikande PDmax | % med endast avvikande PDmax | Medelvärde (mm) | SD | Median (mm) | Intervall (mm) |
|-------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------|-----|-------------|----------------|
| Alla hästar | 108 | 10 | 9 | 5,2 | 1,6 | 5 | 3,2-8,3 |
| DE | 27 | 5 | 19 | 5,6 | 1,2 | 5,4 | 4,6-7,5 |
| HE | 25 | 2 | 8 | 4,3 | 1,5 | 4,3 | 3,2-5,3 |
| DU | 31 | 1 | 3 | - | - | - | - |
| HU | 25 | 2 | 8 | 6,3 | 2,9 | 6,3 | 4,2-8,3 |

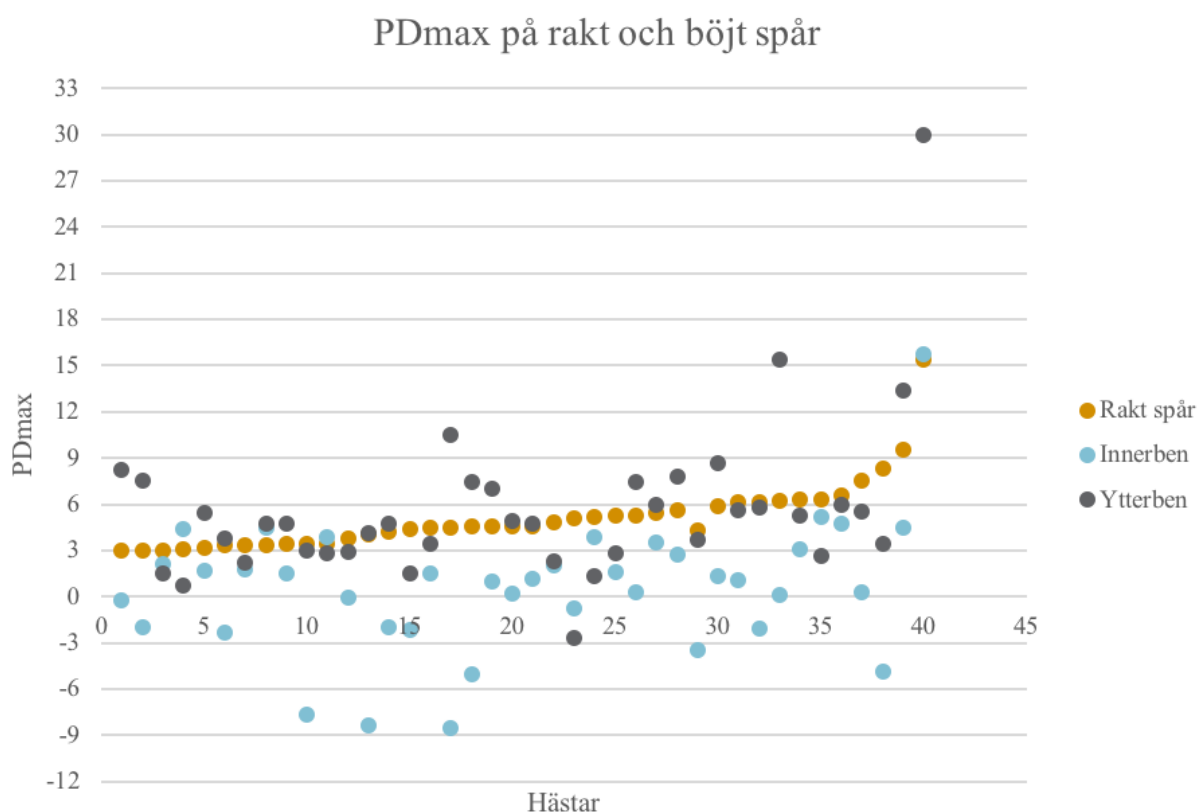
Frånskjutsasymmetris påverkan av rörelse på böjt spår

Hos de 40 hästar som vid mätning på rakt spår uppvisade en frånskjutsasymmetri studerades även mätningarna på böjt spår vid longering. Detta för att se hur frånskjutsasymmetrin påverkades av voltspåret när det asymmetriska benet blev ytter- respektive innerben. 21 av de 40 hästarna (52 %) som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår förstärkte sin asymmetri då det ben som hade en frånskjutsasymmetri på rakt spår blev ytterben vid longering. Tre av de 40 hästarna (8 %) med en frånskjutsasymmetri på rakt spår förstärkte asymmetrin då det asymmetriska benet blev innerben vid longering. Resterande hästar vilket var 16 stycken (40 %) förstärkte varken sin frånskjutsasymmetri som ytter- eller innerben vid longering utan uppvisade istället den största frånskjutsasymmetrin på rakt spår.

PDmax påverkan av böjt spår



Figur 6. Cirkeldiagrammet illustrerar samtliga hästar med ett avvikande PDmax-värde. Hästarna är indelade i tre grupper beroende på om deras frånskjutsasymmetri var störst på rakt spår, vid longering med det asymmetriska benet som ytterben eller det asymmetriska benet som innerben.



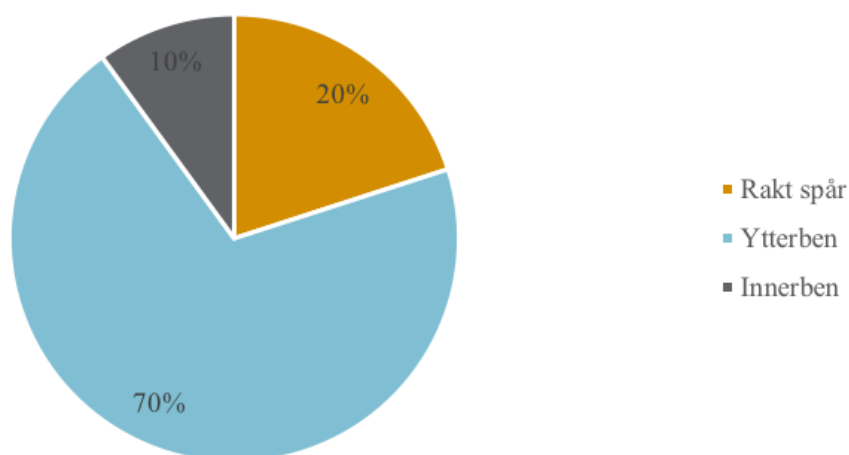
Figur 7. I diagrammet är samtliga hästarna som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår utmärkta med tre prickar. Hästarnas PDmax-värde på rakt spår är utritade med gula prickar. De gråa prickarna är hästarnas PDmax-värde när det asymmetriska benet är ytterben vid longering och de blå prickarna representerar hästarnas PDmax-värde när det asymmetriska benet är innerben vid longering.

För att se om det förelåg någon statistisk signifikant skillnad avseende PDmax-värdena på rakt spår samt när det asymmetriska bakbenet var ytter- respektive innerben vid longering genomfördes parade t-tester mellan de olika grupperna. För att testa hypotesen att en frånskjutsasymmetri på rakt spår skulle förstärkas vid longering med det asymmetriska benet som ytterben jämfördes PDmax-värdena för samtliga hästar med en frånskjutsasymmetri på rakt spår (gula prickar i figur 7) med samtliga PDmax-värden för dessa hästar då det asymmetriska benet var ytterben vid longering (gråa prickar i figur 7). Utfallet av detta blev att ingen signifikant skillnad kunde ses mellan mätningarna på rakt spår och mätningarna med det asymmetriska benet som ytterben. Hypotesen att en frånskjutsasymmetri på rakt spår skulle förstärkas som ytterben vid longering kunde därmed förkastas. Utöver detta jämfördes även PDmax-värdena för samtliga hästar med en frånskjutsasymmetri på rakt spår (gula prickar i figur 7) med samtliga PDmax-värden för dessa hästar då det asymmetriska benet var innerben vid longering (blåa prickar i figur 7). En signifikant skillnad mellan rakt spår och longering då det asymmetriska benet var innerben. Med ett p-värde på 2,02E-09 kan man med 95 % säkerhet säga att en frånskjutshäla blir mindre vid longering med det asymmetriska benet som innerben jämfört med när hästen travar på rakt spår.

Totalt var det 10 hästar, vilket motsvarar 9 % av hela studiepopulationen som uppvisade ren frånskjutsasymmetri från ett bakben. Av dessa 10 hästar var det 7 hästar (70 %) som förstärkte sin frånskjutsasymmetri då det asymmetriska benet blev ytterben vid longering. En häst (10 %)

förstärkte sin frånskjutsasymmetri då det asymmetriska benet blev innerben. Två av hästarna (20 %) förstärkte inte sin frånskjutsasymmetri verken som ytterben eller innerben. Då gruppen med hästar med en ren frånskjutsasymmetri blev för liten för att kunna dra några korrekta statistiska slutsatser genomfördes inga t-test för att se om det fanns någon signifikant skillnad i hur voltspåret påverkar en frånskjutsasymmetri på rakt spår.

PDmax påverkan av böjt spår



Figur 8. Cirkeldiagrammet illustrerar samtliga hästar med ett avvikande PDmax-värde som enda asymmetri (n=10). Hästarna är indelade i tre grupper beroende på om deras frånskjutsasymmetri var störst på rakt spår, vid longering med det asymmetriska benet som ytterben eller som innerben.

Prevalens av övriga rörelseasymmetrier rakt spår

Trots att fokus i detta examensarbete låg på frånskjutsasymmetrier från bakben beslutades även att presentera en sammanställning av de övriga typer av asymmetrier som uppmättes vid mätningarna med Lameness Locator. Prevalensen i antal och procent samt en sammanställning av medelvärde, standardavvikelse (SD), median och intervall finns för vardera typ av asymmetri (PDmin, HDmax och HDmin) nedan i tabell 3-5.

Tabell 3. Prevalens av hästar med avvikande PDmin-värde vid mätning med Lameness Locator på rakt spår

| Grupp | Totalt antal hästar | Antal med avvikande PDmin | % med avvikande PDmin | Medelvärde (mm) | SD | Median (mm) | Intervall (mm) |
|-------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----|-------------|----------------|
| Alla hästar | 108 | 40 | 37 | 6,1 | 2,7 | 4,2 | 3,4-13 |
| DE | 27 | 4 | 15 | 4,5 | 0,6 | 4,6 | 4,2-5,2 |
| HE | 25 | 13 | 52 | 5,2 | 1,9 | 4,7 | 3,4-9,3 |
| DU | 31 | 12 | 39 | 6,4 | 2,5 | 5,9 | 3,4-10,6 |
| HU | 25 | 11 | 44 | 7,3 | 3,7 | 7,6 | 3,4-13 |

Tabell 4. Prevalens av hästar med avvikande HDmax-värde vid mätning med Lameness Locator på rakt spår

| Grupp | Totalt antal hästar | Antal med avvikande HDmax | % med avvikande HDmax | Medelvärde (mm) | SD | Median (mm) | Intervall (mm) |
|-------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----|-------------|----------------|
| Alla hästar | 108 | 23 | 21 | 11,7 | 4,9 | 10,8 | 6,8-24,8 |
| DE | 27 | 6 | 22 | 12,2 | 3,1 | 13,6 | 7,8-14,8 |
| HE | 25 | 1 | 4 | - | - | - | - |
| DU | 31 | 8 | 26 | 2 | 5,6 | 10,4 | 6,8-22,9 |
| HU | 25 | 8 | 32 | 11,5 | 5,7 | 10,5 | 7,2-24,8 |

Tabell 5. Prevalens av hästar med avvikande HDmin-värde vid mätning med Lameness Locator på rakt spår

| Grupp | Totalt antal hästar | Antal med avvikande HDmin | % med avvikande HDmin | Medelvärde (mm) | SD | Median (mm) | Intervall (mm) |
|-------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----|-------------|----------------|
| Alla hästar | 108 | 45 | 42 | 12,1 | 5,3 | 7 | 6-26,4 |
| DE | 27 | 12 | 44 | 13,6 | 5,8 | 11,7 | 7,4-25,5 |
| HE | 25 | 9 | 36 | 11,9 | 9,6 | 9,6 | 6,7-18,3 |
| DU | 31 | 12 | 39 | 12,9 | 5,2 | 12,5 | 6-23-2 |
| HU | 25 | 12 | 48 | 10,8 | 6,3 | 8,2 | 6-26,4 |

DISKUSSION

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om det fanns någon skillnad avseende prevalens av frångående asymmetri från ett bakben mellan elithästar i hoppning respektive dressyr samt unghästar som avlats antingen mot hoppning eller dressyr. Tanken med detta var att, utifrån resultatet kunna få en uppfattning om träningen som hästar på elitnivå utsätts för på något sätt påverkar förekomsten av denna typ av asymmetri. Hypotesen om att prevalensen av frångående asymmetrier skulle vara lägre hos elithästar jämfört med unghästar grundades i tanken att hästar kan födas med en medfödd lateralitet som med hjälp av korrekt träning skulle kunna tränas bort.

Totalt deltog 108 hästar som enligt sina ägare och/eller ryttare ansågs ohalt och välfungerande i träning i studien. Av dessa hästar uppvisade 40 hästar (37 %) en frångående asymmetri från ett bakben vid mätning med Lameness Locator i trav på rakt spår. Detta resultat stämmer väl överens med en tidigare studie av Rhodin *et al.* (2015) där 34 % av hästarna som deltog i studien hade en frångående asymmetri från ett bakben vid mätning i trav på rakt spår. I detta examensarbete delades hästarna upp i fyra grupper baserat på om de var unghästar eller elithästar samt om de var dressyr- eller hopphästar. Då ingen statistiskt signifikant skillnad kunde ses mellan de olika grupperna kan man tänka sig att den typ av asymmetri inte är

beroende av om hästarna tränas i hoppning eller dressyr på hög nivå eller om hästen är precis i början av sin inridning utan snarare beror på en medfödd lateralitet hos hästar som inte verkar påverkas positivt eller negativt av att hästarna tränas och tävlas. Att prevalensen är lika stor hos elithästar som tävlar svår klass och anses välfungerande och presterar bra enligt sina ägare kan även ge en indikation om att den typ av asymmetri inte behöver vara ett problem för hästens förmåga att prestera.

Det skulle vara av intresse att göra en studie över tid där en stor population av hästar skulle mätas regelbundet med ett objektiva system från det att hästarna är unghästar till dess att de nått svår klass. En studie med detta upplägg skulle kräva en stor studiepopulation från start eftersom att en stor andel av de unghästar som skulle rekryteras aldrig skulle nå hela vägen till elitnivå. Om man genomförde en sådan studie skulle man kunna jämföra samma individers mätvärden som unghäst och elithäst, vilket då skulle kunna ge bättre information om huruvida dessa asymmetrier påverkas av den träning hästarna utsätts för. En sådan studie skulle även kunna visa huruvida det finns någon trend i att unghästar som är mer symmetriska har större förutsättning att ta sig till elitnivå jämfört med hästar som vid ung ålder uppvisar ett mer asymmetriskt rörelsemönster. Denna typ av studie skulle kräva stora resurser både ekonomiskt och tidsmässigt men med tanke på hur stort problemet med håla på häst är skulle det vara av stor vikt att genomföra en studie med detta upplägg.

En annan sak som är värt att fundera på är om hästarna på elitnivå skulle uppvisa lika stora asymmetrier om de mättes med en ryttare på ryggen. Det skulle vara intressant att genomföra mätningar vid ridning och jämföra dessa med mätningar när hästarna longeras utan ryttare för att undersöka om man skulle se någon skillnad avseende prevalensen av frångående asymmetrier. Skulle det visa sig att det finns en skillnad och asymmetrierna blir mindre när hästen har en ryttare som kan hjälpa den att balansera upp sig på ett sätt som gör den mer symmetriskt än vid longering skulle det tala för att en häst som rids av en ryttare som kan lyckas med detta löper mindre risk att drabbas av skador relaterade till överansträngning och överbelastning. Skulle hästarna visa sig vara mer symmetriska med en ryttare på ryggen skulle det kunna vara en förklaring till att hästar med dessa asymmetrier vid mätning utan ryttare faktiskt klarar av den träning som de utsätts för. Enligt en studie av Rooney (1977) menade man att även om en asymmetrisk häst inte känner smärta på grund av sin asymmetri löper dessa hästar större risk att drabbas av håla till följd av överbelastning. Detta eftersom en asymmetrisk häst inte får en lika jämnt fördelad belastning som en symmetrisk häst. Skulle det vara så att skickliga ryttare många gånger kan klara av att rida hästar som naturligt rör sig asymmetriskt mer symmetriskt skulle det kunna vara en förklaring till att hästar med dessa asymmetrier klarar av att träna så pass på mycket som dem gör utan att drabbas av överbelastningsskador.

Det skulle vara av intresse att studera fler hästar med ren frångående asymmetri och se om man då skulle ha sett någon skillnad avseende prevalensen mellan grupperna. Av den lilla grupp (10 hästar) med en ren frångående asymmetri kunde man av detta arbete få en uppfattning om att prevalensen skulle vara högre hos dressyrhästarna på elitnivå jämfört med övriga grupper. I och med att det var så få antal hästar med kan detta dock vara en tillfällighet.

Avseende resultatet som visade att ingen skillnad med statistisk signifikans kunde ses mellan de avvikande PDmax-värdena på rakt spår och vid longering med det asymmetriska bakbenet

som ytterben kan metoden som användes för att konstatera detta diskuteras. Vid beräkning av detta togs det ej hänsyn till antalet hästar som förstärkte sin asymmetri på rakt spår. Istället jämfördes PDmax-värdena för alla 40 hästar som uppvisade en frångående asymmetri på rakt spår med alla PDmax-värden då dessa hästar travade på volt med det asymmetriska benet som ytterben. Alltså tog man i detta arbete hänsyn till summan av alla PDmax-värden på rakt spår och summan av alla PDmax-värden vid longering. Eftersom vissa hästar istället för att öka sin frångående asymmetri minskade den så pass mycket att den kom under gränsvärdet för vad som räknas som en frångående asymmetri kan denna typ av statistik bli något missvisande. Det fanns hästar som uppvisade en frångående asymmetri som ytterben vid longering men ej på rakt spår och dessa hästar togs ej med. Eftersom alla hästar med en frångående asymmetri på rakt spår var med i beräkningen kan detta diskuteras som en felkälla.

Även gällande longeringens effekt på frångående asymmetrier skulle det vara intressant att undersöka en större grupp med en frångående asymmetri som enda asymmetri. Även om populationen i detta examensarbete var för liten för att dra några statistiska slutsatser fick man uppfattningen att hästar men en ren frångående häst på rakt spår i större grad förstärkte denna asymmetri som ytterben jämfört med hästar som hade en frångående asymmetri i kombination med någon annan typ av asymmetri. Hade studiepopulationen varit större så att man hade haft en större grupp med hästar med en ren frångående asymmetri hade det varit möjligt att resultatet hade blivit annorlunda. Resultatet från de 10 hästar med ren frångående asymmetri i detta examensarbete ger en indikation på att man skulle kunna få en statistiskt signifikant skillnad i att ett avvikande PDmax-värde på rakt spår många gånger blir större då det asymmetriska benet blir ytterben vid longering.

Felkällor

En felkälla som förekom i studien var att inte samtliga hästar mättes på hårt underlag vid mätningarna på rakt spår. Totalt mättes 91 hästar på hårt underlag och 17 hästar på mjukt underlag. Fördelningen av hur stor andel av hästarna som mättes på hårt respektive mjukt underlag skilde sig något mellan grupperna. I gruppen dressyrhästar på elitnivå (DE) mättes 25 av 27 hästar (93 %) på hårt underlag. I gruppen hopphästar på elitnivå (HE) mättes 23 av 25 hästar (92 %) på hårt underlag. I gruppen unghästar med dressyrstam (DU) mättes 28 av 31 hästar (90 %) på hårt underlag. Den gruppen som avvek något från resterande grupper var unghästarna med hoppstam (HU) där endast 15 av 25 hästar (60 %) mättes på hårt underlag. Anledningarna till att vissa hästar enbart mättes på mjukt underlag varierade, några anledningar var att det inte alltid fanns tillgång till hårt underlag eller att hästen hade ett sådant temperament att det ansågs som en för stor risk (både för hästen och personen som visade hästen) att springa med den ute på ett hårt underlag. I och med att det inte kunde ses någon skillnad i prevalens av frångående asymmetri (eller någon av de övriga asymmetrierna som mättes) bör denna felkälla inte påverkat resultatet i detta examensarbete på så sätt att resultatet hade blivit annorlunda om fler hästar i denna grupp hade mätts på hårt underlag.

För att få ännu bättre säkerhet i studien hade det även varit bra om alla hästar mättes på exakt samma typ av underlag. I och med att hästarna mättes i fält i sin hemmiljö blir definitionen av vad som räknas som hårt och mjukt underlag något olika mellan hästarna. Underlag som

räknades som hårda var asfalt och hårt packat grus eller lera. De underlag som räknades som mjuka var sand, fibersand, grus, gummi och mer traditionellt ridhusunderlag.

Ytterligare en var att vissa hästar (främst unghästar som inte var vana vid att ha benskydd eller lindor) i vissa fall fick ett avvikande rörelsemönster på höger framben. För att kompensera för detta fick hästarna i många fall även ha en avstängd sensor på vänster framben. Även om fokus i detta arbete låg på bakbensasymmetrier kan en förändring på ett framben även leda till felaktiga mätvärden på bakben eftersom att hela hästens rörelsemönster påverkas av en asymmetri på ett ben.

Det förekom en potentiell selektionsbias i studien då elithästarna som deltog i studien rekryterades via personliga kontakter vilket medförde att många ryttare och ägare som har hästar på elitnivå inte fick möjlighet att delta. Bland unghästarna fanns mätningarna redan gjorda och ett bias som har diskuterats i tidigare studier där dessa hästar deltagit är huruvida dessa hästar i samtliga fall faktiskt upplevdes ohalta och välfungerande av sina ägare. Tidigare författare har beskrivit att trots hästarnas ägare noggrant intervjuades angående skadehistorik ansåg författaren att en stor del av hästarna som rekryterades ändå hade någon form av osäkerhet kring hästens rörelsemönster och i vissa fall fanns även en misstanke om att hästen kunde vara asymmetrisk och att det därmed såg mätningen med Lameness Locator som ett sätt att få hästen undersökt. Både bland unghästarna och elithästarna fanns även ett geografiskt selektionsbias då en stor del av hästarna som deltog i studien befann sig i eller i närheten av Uppland. En del av hästarna mättes även i Skåne, Västerås och södra delen av Stockholm. Detta medför att det i detta arbete saknas hästar från stora delar av Sverige.

SLUTSATS

I denna studie kunde ingen signifikant skillnad uppmätas avseende prevalensen av bakbens frånskjutsasymmetri mellan elithästar och unghästar i hoppning och dressyr. Detta gör att hypotesen att prevalensen av denna typ av asymmetri skulle vara lägre hos elithästar jämfört med unghästar samt högre hos hopphästar på elitnivå jämfört med dressyrhästar på elitnivå inte kunde bekräftas. Inte heller hypotesen att det skulle ses en skillnad i prevalens mellan de båda unghästgrupperna kunde bekräftas.

Avseende voltspårets påverkan på frånskjutsasymmetrier kunde det inte ses en tillräckligt stor ökning av frånskjutsasymmetrin då det ben som uppvisade en frånskjutsasymmetri på rakt spår blev ytterben vid longering att det var statistiskt signifikant. Hypotesen att en frånskjutsasymmetri skulle bli värre som ytterben vid longering jämfört med när hästen travade på rakt spår kunde därför förkastas. Hypotesen gällande att en frånskjutsasymmetri på rakt spår skulle minska då det asymmetriska benet blev innerben vid longering kunde däremot konstateras sann.

För att få en större säkerhet och därmed kunna dra slutsatsen att resultatet från detta examensarbete gäller hela hästpopulationen skulle det krävas en större studiepopulation.

TACK

Stort tack till min handledare Marie Rhodin, biträdande handledare Camilla Frisk, examinator Elin Hernlund för all hjälp och engagemang i mitt examensarbete. Jag vill även tack Johan Lundblad och Emma Persson-Sjödin för hjälpen med sammanställningen av data och för att ni alltid funnits tillgängliga för att svara på frågor. Slutligen vill jag även tacka alla hästägare för att ni ställt upp och låtit mig mäta era hästar.

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Att hästar blir halta är ett vanligt problem, så vanligt att det är den största orsaken till att hästar besöker en veterinär. Att halta är så vanligt förekommande i kombination med att en stor del av dagens hästuppopulation används som någon form av sporthäst gör att halta är ett stort problem både för hästens välfärd men även ur ett ekonomiskt perspektiv. Idag är medelålder för svenska hingstar och valacker endast 15 år och en stor anledning till denna låga medelålder är att hästar slås ut i en tidig ålder på grund av problem från rörelseapparaten så som halta som leder till att de inte längre kan användas som ridhästar. För att höja medelåldern krävs att veterinärer lyckas identifiera hältor i ett tidigt stadiet för att då kunna sätta in rätt behandling och rehabplan för att på så sätt öka chansen att hästen kan återgå till sitt tidigare användningsområde.

Tyvärr har det visat sig att veterinärers förmåga att identifiera vilket ben hästar visar halta på i många fall är bristfällig. För att komma till rätta med detta problem och kunna öka säkerheten för att halta hästar får en korrekt diagnos när de besöker veterinärer går utvecklingen idag allt mer mot att använda objektiva mätsystem som analyserar hästens rörelsemönster vid hältutredningar. Tidigare har dessa objektiva system främst används inom forskning och det har då visat sig att även en stor del av hästar som av sina ägare upplevs ohalta vid mätning med dessa objektiva system i många fall uppvisar lika stora asymmetrier som hästar som hältutreds.

Halta innebär att hästen av någon anledning, till exempel smärta rör sig asymmetriskt. Det finns flera olika typer av hältor. En typ av halta som baserat på tidigare studier verkar vara den mest vanligt förekommande hos hästar som anses ohalta av sina ägare men som ändå uppvisar halta vid objektiv mätning är en så kallad frångskjutshalta från ett bakben. Att denna typ av rörelseasymmetri är så pass vanligt förekommande gör att viljan att få ökad kunskap om denna typ av halta växer.

I detta examensarbete ingick totalt 108 hästar. Dessa hästar delades in i fyra olika grupper, dressyrhästar på elitnivå, hopphästar på elitnivå, unghästar med dressyrstam och hopphästar med hoppstam. Samtliga hästar mättes med det objektiva mätsystemet Lameness Locator som med hjälp av sensorer som fästs på hästen kan mäta hästens rörelsemönster och fånga upp små asymmetrier. Hästarna mättes på rakt spår och vid longering i höger och vänster varv. Därefter studerades förekomsten av frångskjutsasymmetri i de olika grupperna för att se om det fanns någon skillnad mellan de olika disciplinerna och om det var någon skillnad mellan elithästar och unghästar. Utöver detta studerades även hur hästarna som uppvisade en frångskjutsasymmetri på rakt spår påverkades av att det böjda spåret som uppstår vid longering.

Hypotesen vara att förekomsten av frångskjutsasymmetri skulle vara större hos unghästarna jämfört med elithästarna. Avseende skillnaden mellan disciplinerna var hypotesen att det inte skulle ses någon skillnad mellan unghästgrupperna men att förekomsten av frångskjutshalta skulle vara högre hos hopphästarna på elitnivå jämfört med dressyrhästarna på elitnivå. Gällande hur frångskjutsasymmetrin på rakt spår påverkas av att hästen travar på ett böjt spår var hypotesen att asymmetrin skulle förstärkas när det ben som uppvisade den på rakt spår var ytter ben på det böjda spåret.

Resultatet visade att ingen statistisk signifikant skillnad avseende förekomst av frånskjutsasymmetri kunde ses mellan grupperna. Gällande voltspårets påverkan kunde det ej ses en statistisk signifikant ökning av frånskjutsasymmetrin på böjt spår när det halta benet var ytterben. Däremot sågs en statistisk signifikant minskning av frånskjutshältan när det halta benet var innerben.

LITTERATUR

- Arkell, M., Archer, R.M., Guitian, F.J., May, S.A. (2006). Evidence of bias affecting the interpretation of the results of local anaesthetic nerve blocks when assessing lameness in horses. *Veterinary Record*, 159, 346-348.
- Barrey, E. (1999). Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *The Veterinary Journal*, 157, 7-22.
- Baxter, G., Stashak, T. (2011). *Adams & Stashak's Lameness in Horses*. 6th ed. Blackwell Publishing, West Sussex.
- Bell, R.P., Reed, S.K., Schoonover, M.J., Whitfield, C.T., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F., Keegan, K.G. (2016). Associations of force plate and body-mounted inertial sensor measurements for identification of hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 77, 337-345.
- Bisazza, A., Rogers, L.J., Vallortigara, G. (1998). Cerebral asymmetry: A review of evidence of behavioural and brain lateralization in fishes, reptiles and amphibians. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22, 411-426.
- Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H.C. m., Schamhardt, H.C., Barneveld, A. (1996). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, 28, 71-76.
- Egenvall, A., Penell, J.C., Bonnett, B.N., Olson, P., Pringle, J. (2006). Mortality of Swedish horses with complete life insurance between 1997 and 2000: variations with sex, age, breed and diagnosis. *The Veterinary Record*, 158, 397-406.
- Equinosis, (2014-07-09). *Lameness Locator User Manual*. <http://equinosis.com/system-components> [2019-10-20]
- Gaughan, E.M. (1996). Skeletal origins of exercise intolerance in horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 12, 517-535.
- Gregory, B. (2004). *The Biomechanics of Equine Locomotion*. 2nd ed. Elsevier Inc, 266-281.
- Hammarberg M., Egenvall A., Pfau T., Rhodin M. (2016). Rater agreement of visual lameness assessment in horses during lungeing. *Equine Veterinary Journal*. 2016; 48(1), 78-82.
- Hewston M., Christley R.M., Hunt I.D., Voute L.C. (2006). Investigations of the reliability of observational gait analysis for the assessment of lameness in horses. *Veterinary Record*, 158(25), 852-857.
- Holmström, M., Magnusson, L.-E., Philipsson, J. (1990). Variation in conformation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of elite sport horses. *Equine Veterinary Journal*, 22, 186- 193.
- Keegan, K.G., Dent, E.V., Wilson, D.A., Janicek, J., Kramer, J., Lacarrubba, A., Walsh, D.M., Cassells, M.W., Esther, T.M., Schiltz, P., Frees, K.E., Wilhite, C.L., Clark, J.M., Pollitt, C.C., Shaw, R., Norris, T. (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses: Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, 42, 92-97.
- Keegan, K.G., MacAllister, C.G., Wilson, D.A., Gedon, C.A., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F. (2012). Comparison of an inertial sensor system with a stationary force plate for

- evaluation of horses with bilateral forelimb lameness. *American Journal of Veterinary Research*, 73, 368–374.
- Keegan, K.G., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F., Dent, E.V., Kellerman, T.E., Wilson, D.A., Reed, S.K. (2011). Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor–based lameness evaluation system for horses. *American Journal of Veterinary Research*, 72, 1156–1163.
- Kramer, J., Keegan, K.G., Kelmer, G., Wilson, D.A. (2004). Objective determination of pelvic movement during hind limb lameness by use of a signal decomposition method and pelvic height differences. *American Journal of Veterinary Research*, 65, 741–747.
- McNeilage, P.F., Rogers, L.J., Vallortigara, G. (2009). Origins of the left & right brain. *Scientific American*, 301, 60–67.
- Maliye, S. & Marshall, J.F. (2016). Objective assessment of the compensatory effect of clinical hind limb lameness in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 249, 940–944.
- Murphy, J., Sutherland, A., Arkins, S. (2005). Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 91, 297–310.
- Murray, R.C., Dyson, S.J., Tranquille, C., Adams, V. (2006). Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Veterinary Journal*, 36, 411–416.
- Persson-Sjodin, E., Hernlund, E., Pfau, T., Haubro Andersen, P., Holm Forsström, K., Rhodin, M. (2019). Effect of meloxicam treatment in movement asymmetry in riding horses in training. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0221117
- Pilliner, S., Elmhurst, S., Davies, Z. 2002. *The Horse in Motion*. Blackwell Science, Oxford.
- Rhodin, M., Egenvall, A., Andersen, P.H., Pfau, T. (2015). Head and pelvic movement asymmetries at trot in riding horses perceived as sound by their owner. *Equine Veterinary Journal*, 47, 10–11.
- Rhodin, M., Pfau, T., Roepstorff, L., Egenvall, A. (2013). Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness. *The Veterinary Journal*, 198, 39–45.
- Rhodin, M., Roepstorff, L., French, A., Keegan, K.G., Pfau, T., Egenvall, A. (2016). Head and pelvic movement asymmetry during lungeing in horses with symmetrical movement on the straight. *Equine Veterinary Journal*, 48, 315–320.
- Rooney, J.R. (1977). *Biomechanics of Lameness in Horses*. R. E. Krieger Pub. Co, Huntington, N.Y.
- Rose, R.J., Evans, D.L. (1990). Training horses - art or science? *Equine Veterinary Journal*, 2–4.
- Ross, M.W., Dyson, S.J. (2011). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, 2nd ed. Saunders. St. Louis, Missouri, USA. 3,7, 175–178.
- Shivley, C., Grandin, T., Deesing, M. (2016). Behavioral laterality and facial hair whorls in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 44, 62–66.
- Uhler, C., Licka, T., Kübber, P., Peham, C., Scheidl, M., Girtler, D. (1997). Compensatory movements of horses with a stance phase lameness. *Equine Veterinary Journal*, 29, 102–105.
- Weishaupt, M.A., Wiestner, T., Hogg, H.P., Jordan, P., & Auer, J.A. (2006). Compensatory load redistribution of horses with induced weight-bearing forelimb lameness trotting on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, 171(1), 135–146.